

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОДОКАПЕЛЬНОЙ ЗАКАЛКИ ВАЛКОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

*М.В. Майсурадзе¹, Н.П. Ануфриев¹, С.В. Каманцев²,
Г.В. Шерстнев¹, Ю.В. Юдин¹*

Руководитель – проф., д.т.н. Юдин Ю.В.

¹ ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», tofm@mail.ustu.ru

² ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ»

Проблема разработки новых закалочных сред, позволяющих заменить традиционно применяемые воду и масло, наиболее актуальна при производстве крупногабаритных изделий (валки прокатных станов, крупные молотовые штампы). Данную проблему успешно позволяет решить применение в качестве охлаждающей среды водовоздушных [1...3] и водокапельных смесей, так как путем варьирования конструктивных (диаметр и расположении сопел, геометрия камеры смешения и т.д.) и технологических параметров закалочного устройства (давление воды, расстояние до охлаждаемой поверхности) можно получать требуемые условия охлаждения, а, следовательно, и структуру термообработанного материала.

Исследован ряд форсунок центробежно-струйного типа с интегральным расходом воды 350...800 л/ч. Эскиз форсунки приведен на рисунке 1. В качестве варьируемых конструктивных параметров форсунки были выбраны: диаметр отверстия сопла (3...5 мм), диаметр центрального канала вкладыша (1,8...2,7 мм) и диаметр периферийных каналов вкладыша (2,0...2,9 мм). Исследовали влияние давления воды (200...300 кПа), расстояния до охлаждаемой поверхности (0,25...0,45 м) и расстояния между форсунками в устройстве (0,12...0,24 м) на плотность орошения и равномерность ее распределения по площади распыла.

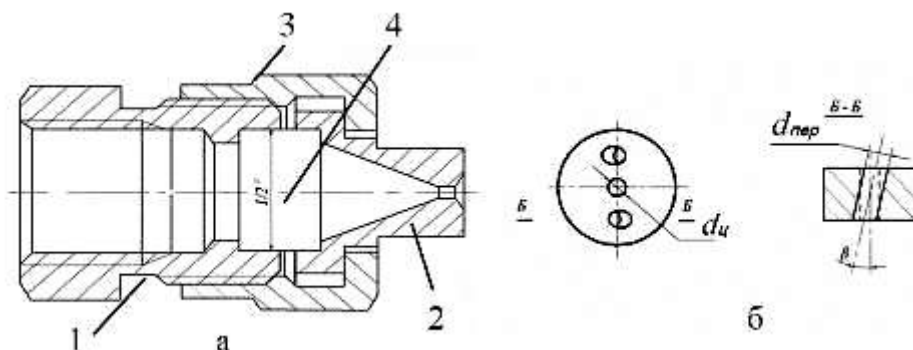


Рисунок 1. Эскиз центробежно-струйной водокапельной форсунки:

а) корпус форсунки; б) вкладыш форсунки.

1 – Штуцер; 2 – Сопло; 3 – Гайка; 4 – Вкладыш

Установлено, что изменение давления от 200 до 300 кПа не оказывает существенного влияния на распределение плотности орошения для исследованных форсунок, которое имеет «тарельчатую» форму, однако при этом средняя плотность орошения увеличивается на 50 %. Так как проведенные ранее исследования [4] показали, что с увеличением плотности орошения возрастает коэффициент теплоотдачи при закалке, то дальнейшие исследования проводили при давлении воды 300 кПа.

Проведен выбор оптимальной конструкции водокапельной центробежно-струйной форсунки. Определено, что увеличение диаметра отверстия сопла и диаметров каналов вкладыша форсунки в исследованных диапазонах приводит к повышению средней плотности орошения в 2,1 раза (от 1,3 до 2,8 л/м²с), а среднеквадратичное отклонение плотности орошения увеличивается в 4 раза (от 0,75 до 3 л/м²с). Исходя из полученных результатов, выбрана центробежно-струйная форсунка со следующими конструктивными параметрами: диаметр отверстия сопла 3 мм, диаметр центрального отверстия вкладыша 1,8 мм, диаметр периферийных отверстий вкладыша 2,1 мм.

Исследовано влияние взаимного расположения форсунок в закалочном устройстве на их гидравлические характеристики. Форсунки в устройстве располагаются в два ряда в шахматном порядке. Для моделирования работы закалочного устройства в лабораторных условиях разработан специальный стенд (рисунок 2), на котором установлены три водокапельные форсунки одного типоразмера.

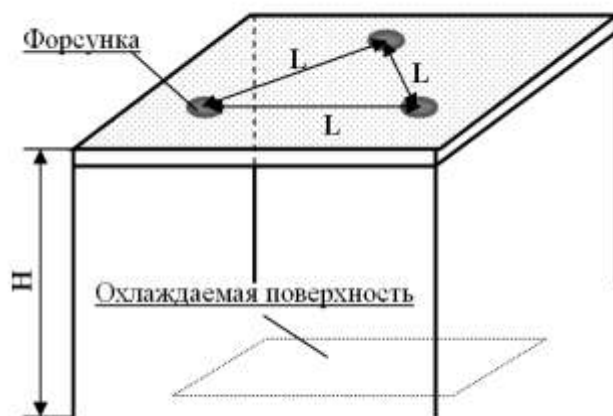


Рисунок 2. Стенд для исследования гидравлических характеристик водокапельных форсунок

Стенд позволяет регулировать как расстояние от форсунок до охлаждаемой поверхности ($H = 0,25 \dots 0,45$ м), так и расстояние между форсунками ($L = 0,12 \dots 0,24$ м). Исследования проводили при давлении воды 300 кПа. Регрессионный анализ экспериментальных данных позволил получить следующие уравнения, связывающие среднюю плотность

орошения и ее среднеквадратичное отклонение с параметрами закалочного устройства:

$$Q = 4,4 - 3,7H - 3,6L \quad (1)$$

$$S = 1,7 - 3,4H + 2,0L \quad (2)$$

где Q – средняя плотность орошения, л/м²с; S – среднеквадратичное отклонение плотности орошения, л/м²с; H – расстояние до охлаждаемой поверхности, м; L – расстояние между форсунками, м.

Коэффициент множественной корреляции для уравнения (1) составляет 0,98, а для уравнения (2) – 0,97, отношение табличного критерия Фишера к расчетному составляет соответственно 142 и 72 при доверительной вероятности 0,95, что говорит о достаточной адекватности полученных моделей. Из анализа уравнений (1) и (2) следует, что увеличение расстояния от форсунок до охлаждаемой поверхности (H) от 0,25 до 0,45 м приводит к уменьшению средней плотности орошения на 25 % (от 3,00 до 2,25 л/м²с). При этом среднеквадратичное отклонение плотности орошения уменьшается на 60 % (от 1,10 до 0,43 л/м²с). При увеличении расстояния между форсунками (L) от 0,12 до 0,24 м средняя плотность орошения снижается на 15 % (от 3,00 до 2,55 л/м²с), а среднеквадратичное отклонение увеличивается на от 1,10 до 1,35 л/м²с.

Таким образом, совместно решая систему из уравнений (1) и (2) можно оптимизировать расположение форсунок в закалочном устройстве для получения наиболее равномерного распределения требуемой плотности орошения по охлаждаемой поверхности, что, в свою очередь, приведет к получению заданной структуры и повышению равномерности механических свойств закаленных изделий.

Используемые литературные источники:

1. Будрин Д. В. Водно-воздушное охлаждение при закалке / Д.В. Будрин, В.М. Кондратов // МИТОМ, 1965. №6. С. 22...25.
2. Эйсмонтт Ю.Г. Получение и применение жидкостно-воздушных закалочных сред / Ю.Г. Эйсмонтт, А.В. Шустов, Е.Ф. Пильщиков, А.А. Сакулин, В.А. Ульянов // МИТОМ, 1980. №11. С. 43...45.
3. Lee P. The Effect of Nozzle Height on Cooling Heat Transfer from a Hot Steel Plate by an Impinging Liquid Jet / P. Lee, H. Choi, S. Lee // ISIJ International, 2004. vol. 44. P. 704...709.
4. Майсурадзе М.В. Характеристики водокапельных форсунок центробежно-струйного типа, используемых для закалки сталей / М.В. Майсурадзе, Ю.В. Юдин // Известия Вузов. Черная Металлургия, 2008. №8. С. 45...48.